

IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO DE TÉMEZ PARA LA EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS CON GRASS GIS. FASE SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

III Jornadas de SIG Libre

Girona 11-13 de marzo de 2009

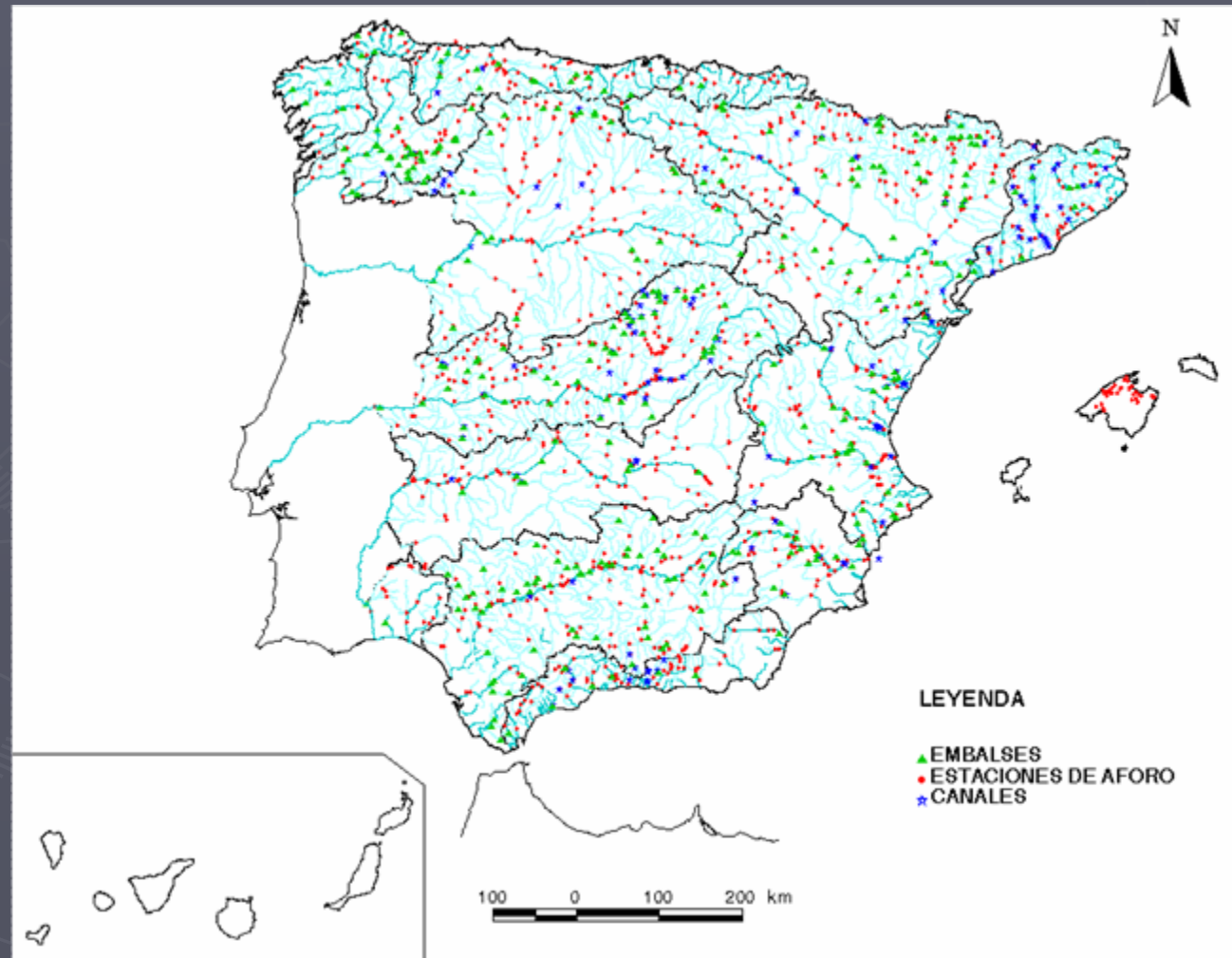
A. Potenciano de las Heras y J. J. Villaverde Valero

Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX

Evaluación de recursos hídricos (ERH)

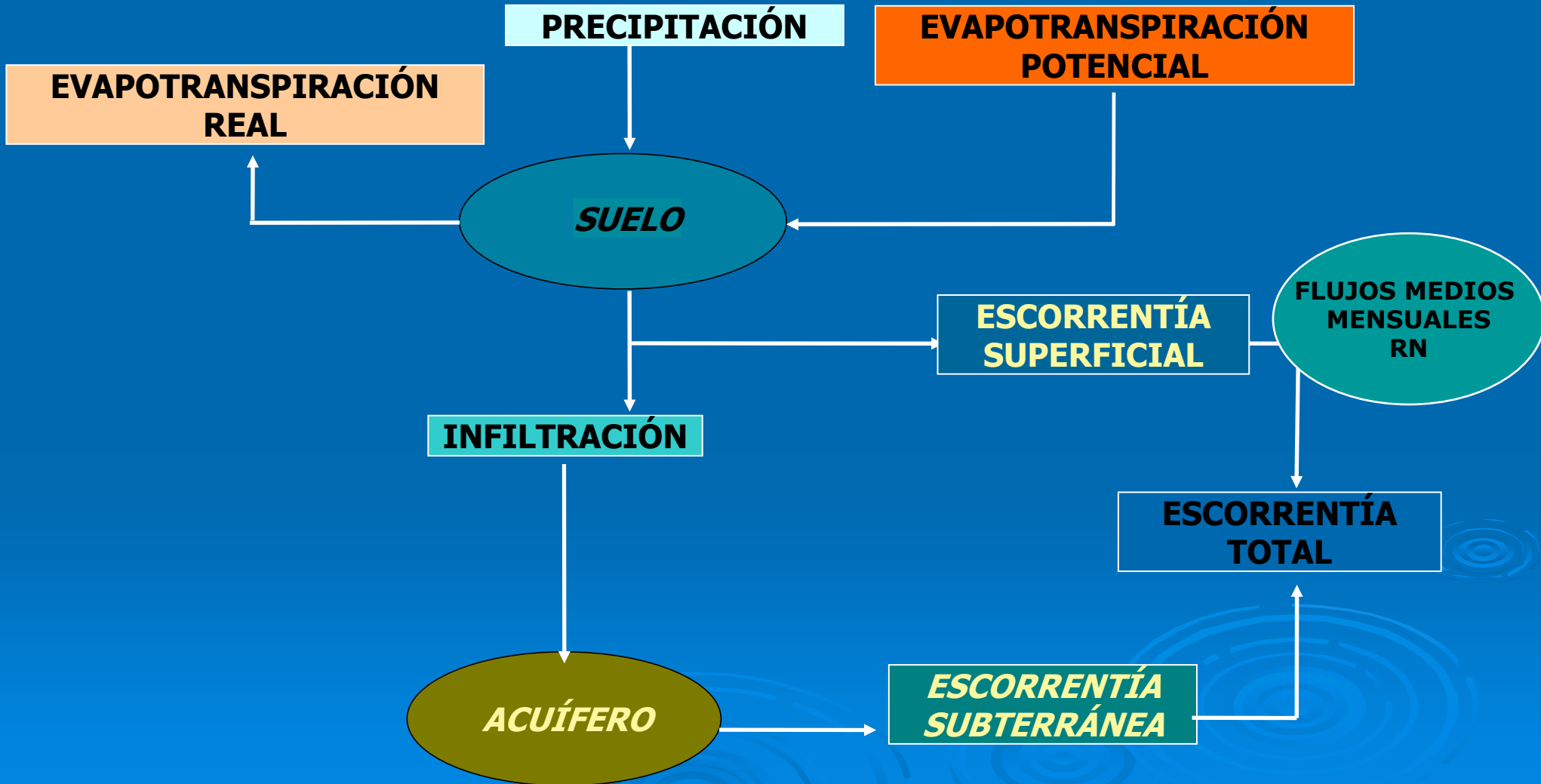
- Determinar los flujos y almacenamientos de agua en un territorio
 - en la situación real, régimen alterado
 - gestión
 - en régimen natural, ERHRN
 - planificación
- El RN es el que define los recursos antes de que se vean afectados por la acción humana

Red de medida de aguas superficiales



Modelo de Témez

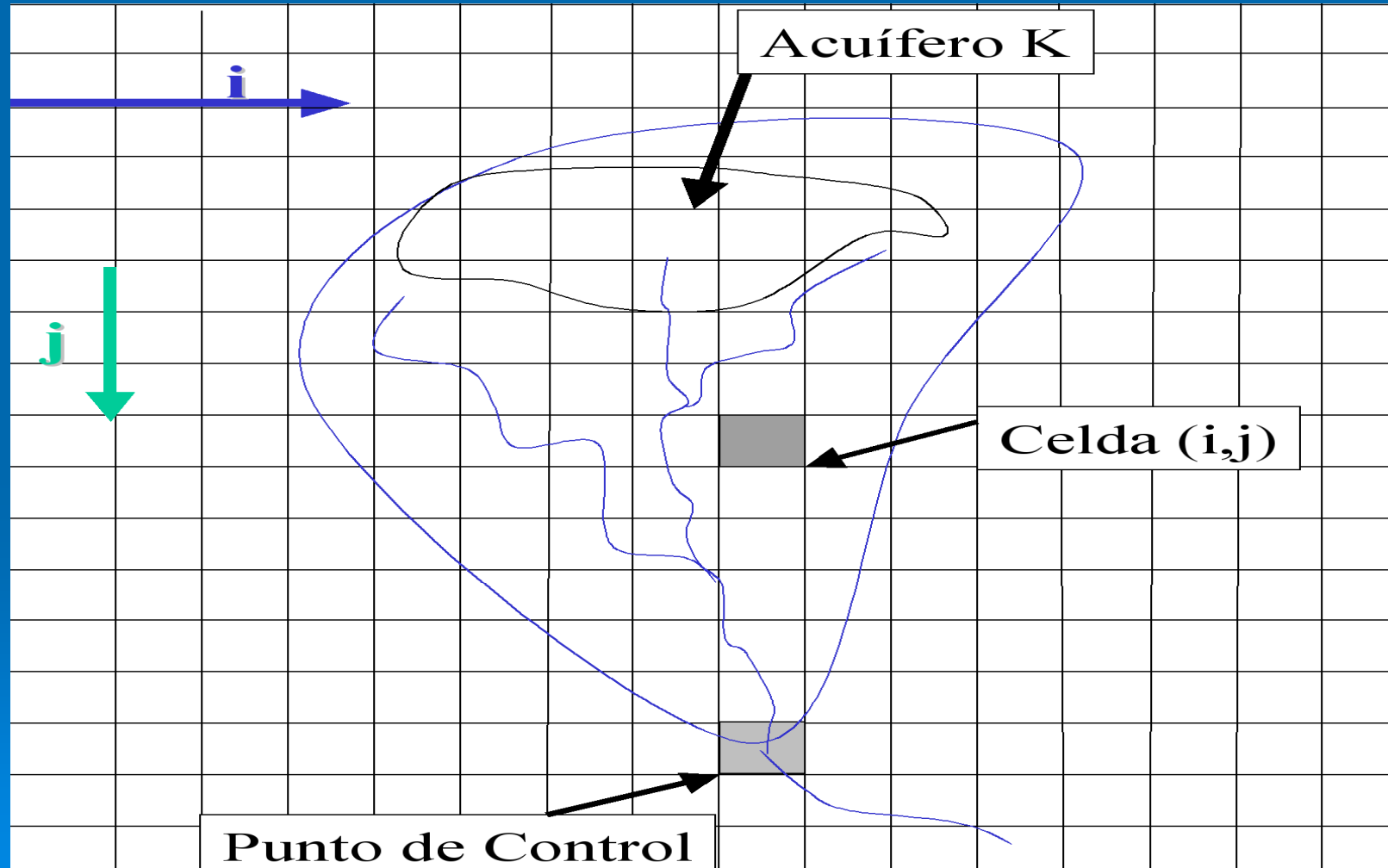
Modelo hidrológico conceptual cuasi-distribuido



Modelo Témez e implementación cuasi-distribuida

Simulación continua	Paso temporal: 1 mes
Fase atmosférica	Distribuida
ETP	Ajustes a modelo Penman Monteith y coefi
Propagación	No
Suelo	Balance en función capacidad máxima. Par
Infiltración	Aplicación de modelo conceptual. Parámetros
Generación de esorrentía	Exceso de infiltración y drenaje tanque
Acuífero	Agregada. Descarga tanque

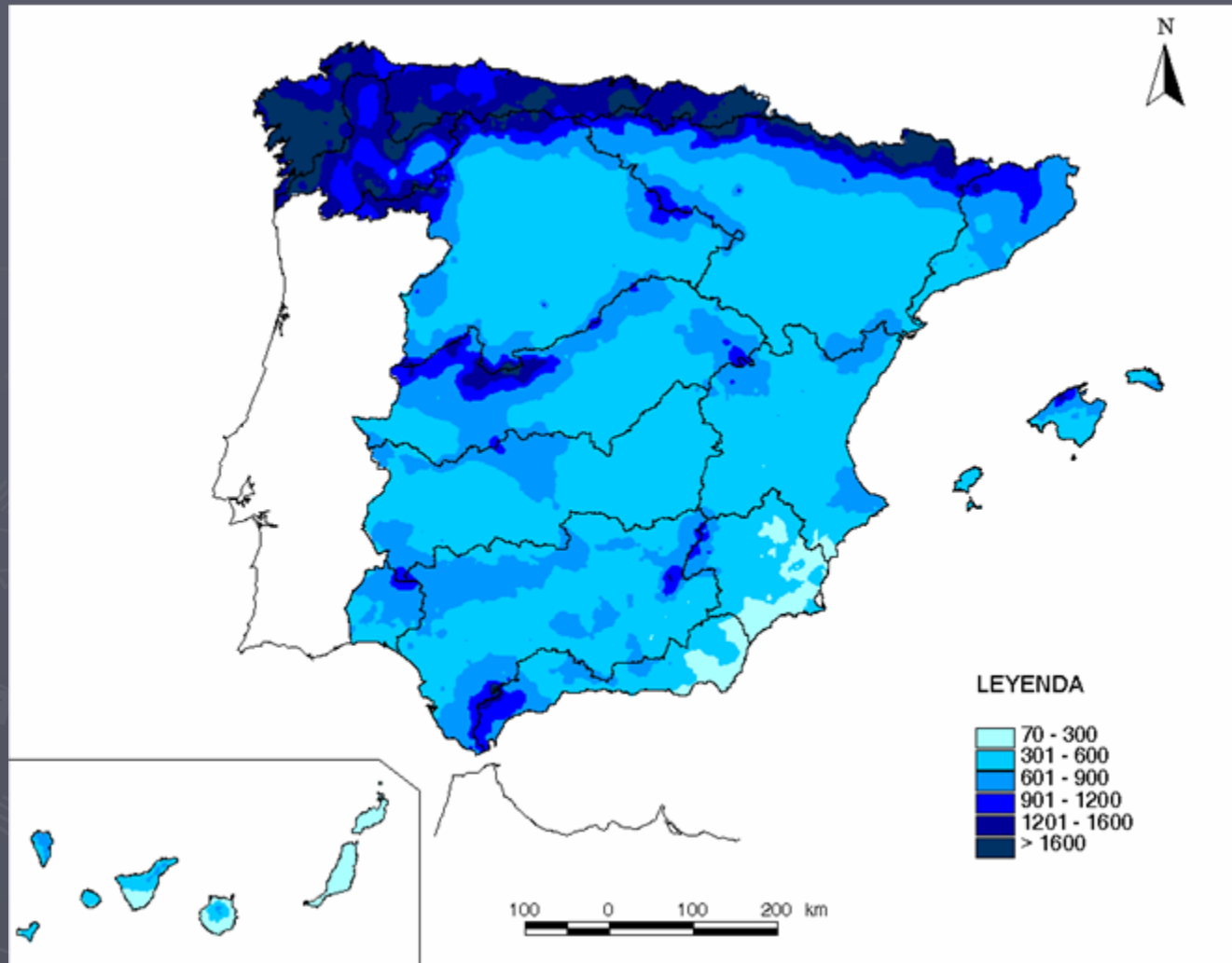
Hidrología distribuida



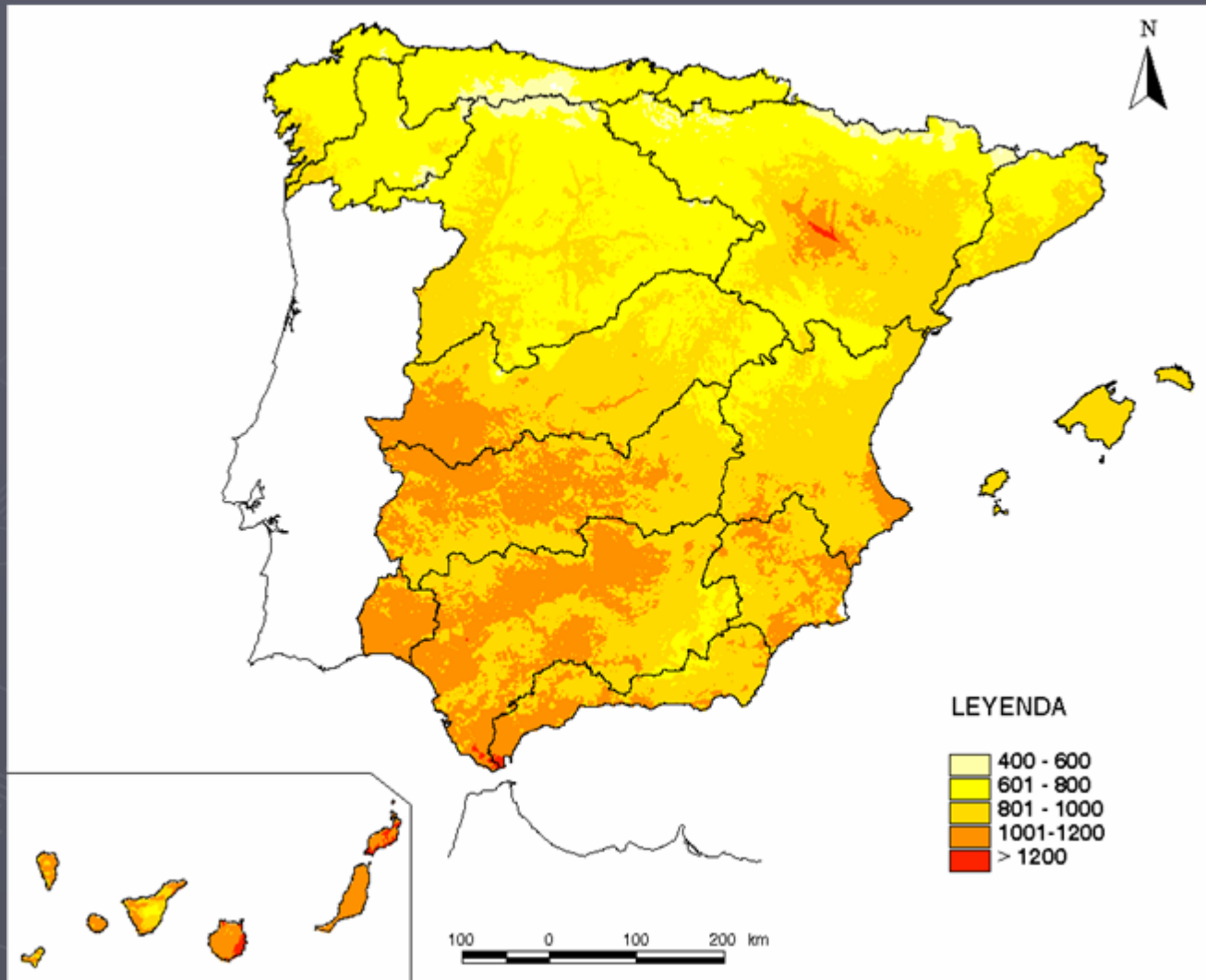
Fase atmosférica

- La **precipitación y la evapotranspiración** son dos variables climáticas, básicas, que junto con las características fisiográficas del territorio configuran el régimen de escorrentías
- Fase climática del ciclo hidrológico. Tareas:
 - Análisis de calidad de datos
 - Completado de lagunas
 - Interpolación

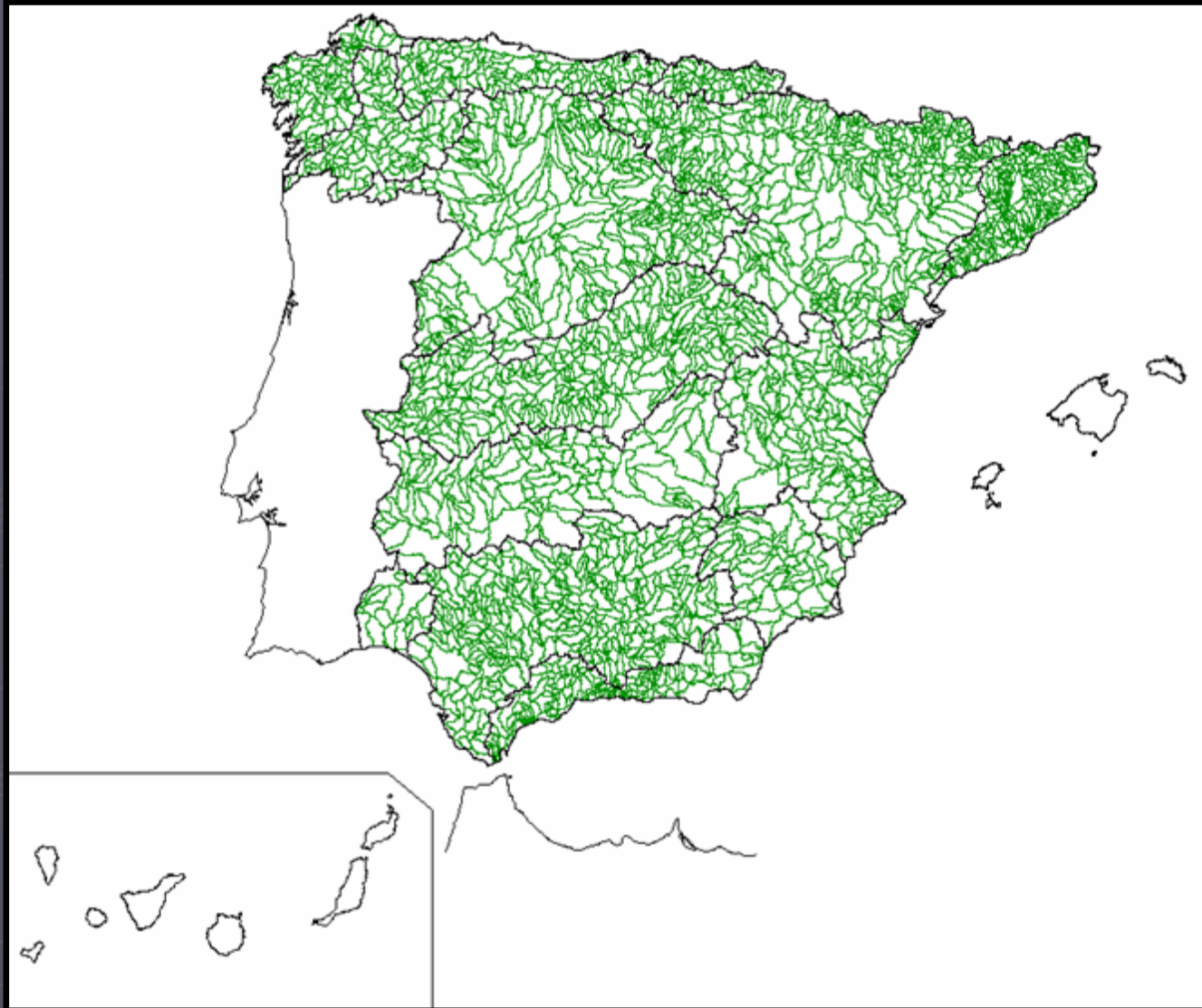
Precipitación



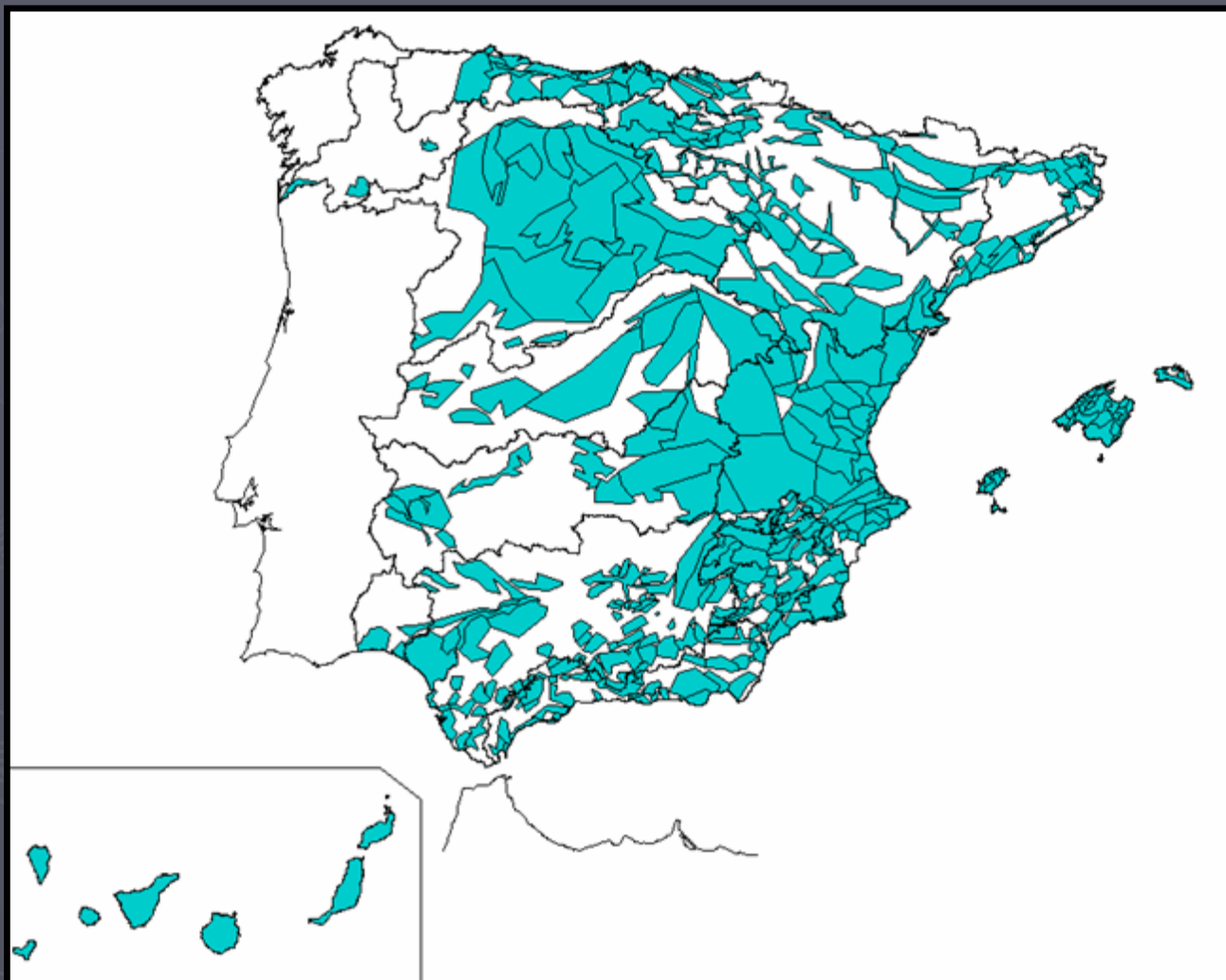
Evapotranspiración potencial



Conectividad red hidrográfica: clasificación de cuencas



Unidades hidrogeológicas



OBJETIVOS

- Implementación del modelo hidrológico distribuido de Témez para la evaluación de recursos hídricos en GRASS GIS 6.2.1. (GRASS Development Team, 2008).
- GRASS GIS (Geographic Resources Analysis Support System) Sistema de Información Geográfica de libre distribución utilizado para la gestión y análisis de datos geoespaciales, procesamiento de imágenes y producción gráfica de mapas. Utilizado a nivel académico y técnico en muchos lugares del mundo por Organismos oficiales, consultorías y empresas.
- Los módulos utilizados para este trabajo son los referentes al análisis de datos raster y procesamiento de imágenes.
- La implementación de este modelo se ha realizado sobre sistema operativo LINUX usando un shell script con comandos de este sistema operativo y de GRASS GIS.
- Integración en la aplicación SIMPA del CEDEX para ERH

METODOLOGÍA

- Definición de parámetros y condiciones iniciales de la simulación
- Definición del paso mensual:
 - Bucle entre el año inicial y final del periodo de simulación, indicando el mes de inicio de año hidrológico.
- Definir las condiciones iniciales de la simulación:
 - Condición inicial del acuífero
 - Condición inicial del suelo
- Definir los parámetros de los que dependen las leyes de transferencia del modelo:
 - Mapa de coeficiente de excedente
 - Mapa de humedad máxima en el suelo
 - Mapa de infiltración máxima
 - Mapa de coeficiente de recesión del acuífero
- Determinar los mapas base sobre los que se van a aplicar las distintas variables:
 - Mapa de delimitación de cuencas hidrográficas
 - Mapa de delimitación de acuíferos

Secuencia de cálculo del modelo Témez

- Definición condiciones iniciales
- Umbral de escorrentía
- Excedente
- Estado final de la humedad en el suelo
- Evapotranspiración real
- Infiltración
- Coeficiente de recesión ()
- Aportación superficial
- Estado final del volumen del acuífero
- Aportación subterránea
- Escorrentía total
- Acumulación y lectura de aportación



DEFINICIÓN DE PARÁMETROS Y CONDICIONES INICIALES DE LA SIMULACIÓN

intervalo de tiempo en que se realiza la simulación (años inicial y final de la simulación). Lectura de un fichero de parámetros

```
ANOI=`head -n 1 param.txt`
```

```
ANOF=`head -n 2 param.txt | tail -1`
```

```
echo "Periodo de la Simulación =" $ANOI - $ANOF
```

mes de inicio del año hidrológico

```
MIAH=`head -n 3 param.txt | tail -1`
```

lectura de la condición inicial del acuífero

```
VO=`head -n 4 param.txt | tail -1`
```

```
echo "Volumen inicial almacenamiento en zona saturada=" $VO
```

```
d.rast $VO
```

lectura de la condición inicial del suelo

```
HI1=`head -n 5 param.txt | tail -1`
```

```
echo "Volumen inicial de humedad en el suelo =" $HI1
```

```
d.rast $ HI1
```

Mapa de coeficiente de excedente

```
EXC=`head -n 6 param.txt | tail -1`
```

```
echo "Coeficiente de excedente=" " $EXC
```

```
d.rast $EXC
```

Mapa de Humedad máxima en el suelo

```
HMAX=`head -n 7 param.txt | tail -1`
```

```
echo "Contenido máximo de humedad en el suelo=" $HMAX
```

```
d.rast $HMAX
```

Mapa de Infiltración máxima

```
IMAX=`head -n 8 param.txt | tail -1`
```

```
echo "Infiltrabilidad=" " $IMAX
```

```
d.rast $IMAX
```

Mapa de coeficiente de descarga (recesión) del acuífero

```
ALFA=`head -n 9 param.txt | tail -1`
```

```
echo "Coeficiente de descarga en el acuífero=" " $ALFA
```

```
d.rast $ ALFA
```

DEFINICIÓN DE PARÁMETROS Y CONDICIONES INICIALES DE LA SIMULACIÓN

Mapa de delimitación de cuencas hidrográficas

```
MAPC=`head -n 10 param.txt | tail -1`  
echo "Mapa de cuencas =" $MAPC  
d.rast $ MAPC
```

Mapa de delimitación del acuífero

```
MAPUH=`head -n 11 param.txt | tail -1`  
echo "Mapa de acuíferos= " $MAPUH  
d.rast $ MAPUH
```

```
echo -----  
echo -----
```

Se crean los siguientes ficheros de resultados
(unidades en mm)

```
> pre.txt  
> etp.txt  
> etr.txt  
> aes.txt  
> asb.txt  
> rec.txt
```

Inicialización de mapas de estado inicial

```
r.mapcalc volt.uh=$VO
```

```
r.mapcalc hifin=$HI1
```

descarga de cada unidad hidrogeológica agregada

alfa.uh : valor medio de alfa en cada unidad hidrogeológica

```
r.mapcalc alfa.uh=if"(isnull($ALFA),0.,$ALFA)"
```

ealfa.uh : valor de la función exponencial en cada unidad hidrogeológica;

el paso de tiempo es mensual, 30 días

```
r.mapcalc ealfa.uh="exp(-alfa.uh*30.)"
```

inicio del bucle de cálculo mensual

```
ANO=$ANOI
```

```
ANOC=`expr $ANOF + 1`
```

```
while [ $ANO != $ANOC ]
```

```
do
```

```
    MES=$MIAH
```

```
    CON=1
```

```
    while [ $CON != 13 ]
```

```
    do
```

```
        if [ $MES -lt $MIAH ]
```

```
        then
```

```
            NANO=`expr $ANO + 1`
```

```
        else
```

```
            NANO=$ANO
```

```
        fi
```

```
# volumen en el instante i = volumen anterior (inicialmente $VO)
```

```
    r.mapcalc vi1=volt.uh
```

```
# humedad inicial = humedad anterior (inicialmente $HI1)
```

```
    r.mapcalc hi1=hifin
```


- Base teórica del modelo de Témez
- Implementación del modelo en GRASS GIS

■ Fase Superficial

■ EXCEDENTE DE AGUA

$$\text{Si } P_i \leq P_0 \quad T_i = 0 \quad (1)$$

$$\text{Si } P_i > P_0 :$$

$$T_i = \frac{(P_i - P_0)^2}{P_i + \delta - 2P_0} \quad (2)$$

$$(3) \quad \delta = H_{\text{máx}} - H_{i-1} + EP_i$$

$$P_0 = C(H_{\text{máx}} - H_{i-1}) \quad (4)$$

siendo en cada celda:

P_i precipitación en el mes i (mm)

P_0 umbral de escorrentía (mm)

T_i excedente de agua en el mes i (mm)

$H_{\text{máx}}$ capacidad máxima de almacenamiento de agua en el suelo (mm)

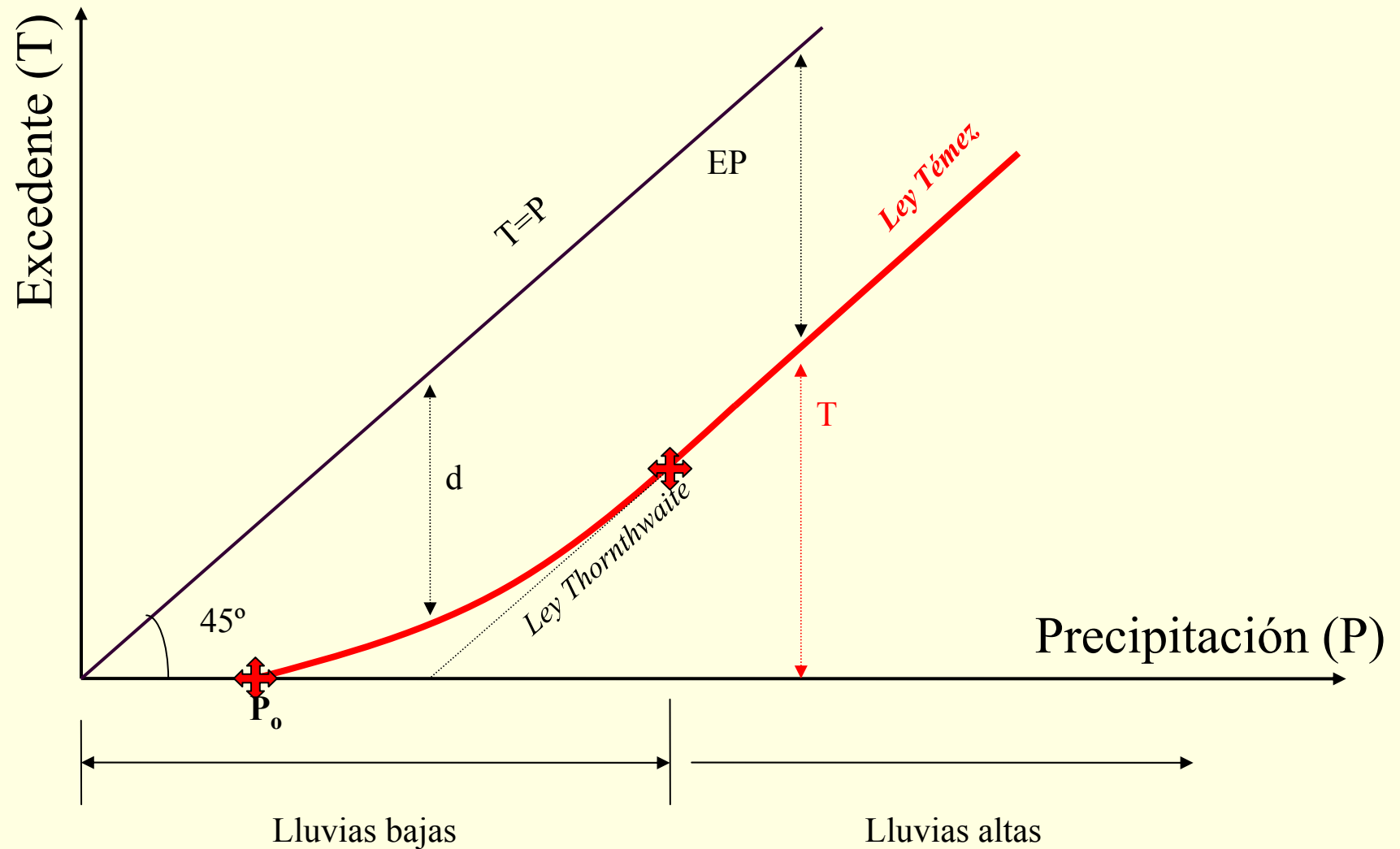
H_{i-1} almacenamiento de agua en el suelo en el mes $i-1$ (mm)

EP_i evapotranspiración potencial en el mes i (mm)

C parámetro de excedente, que toma valores del orden de 0,3

(Témez, 1977; Cabezas et al, 1999)

Ley de excedente



Umbral de escorrentía

- Umbral de escorrentía, P_o : precipitación tal que, una vez superada, se genera escorrentía
 - Almacenamiento en depresiones
 - Intercepción
 - Infiltración
- $P_o = f$ (uso, pendiente, textura, humedad del suelo)
 - Suelo lleno: escorrentía inmediata
 - Suelo vacío: escorrentía en función de las condiciones del suelo
- MODELO TÉMEZ: P_o es proporcional al déficit de humedad del suelo: conforme se satura el suelo, la capacidad de infiltración disminuye

$$P_o = C \cdot (H_{m\acute{a}x} - H_{i-1})$$

CÁLCULOS DE VARIABLES EN PERIODO DE SIMULACIÓN

EXCEDENTE Ti

cálculo de los mapas de excedente Ti en mm/mes (*ver ecuaciones 1 a 4*), y de la evapotranspiración potencial, ETP o EPi en mm/mes (*ver ecuación 5 y 6*) según el modelo de Témez

cálculo de valores medios de precipitación, PRE y evapotranspiración potencial, ETP o EPi en cuenca y su paso a fichero

```
PRE="pre"$NANO_"$MES
```

```
echo -----
```

```
echo "Precipitación (mm) Año: "$NANO" Mes: "$MES
```

```
echo -----
```

```
r.average base=$MAPC cover=$PRE output=pre.cu --o
```

```
r.stats -An input=pre.cu output=pre.tmp
```

```
more pre.tmp >> pre.txt
```

```
ETP="etp"$NANO_"$MES
```

```
echo -----
```

```
echo "Evapotranspiración potencial (mm) Año: "$NANO" Mes: "$MES
```

```
echo -----
```

```
r.average base=$MAPC cover=$ETP output=etp.cu --o
```

```
r.stats -An input=etp.cu output=etp.tmp
```

```
more etp.tmp >> etp.txt
```

CÁLCULOS DE VARIABLES EN PERIODO DE SIMULACIÓN

EXCEDENTE Ti

Cálculo del excedente de agua: Ti (*ver ecuaciones 1 a 4*)

```
echo -----  
echo "Po, umbral de escorrentía (mm) Año: "$NANO" Mes: "$MES  
echo -----  
r.mapcalc po="$EXC*($HMAX-hi1)"  
echo -----  
echo "Excedente (mm) Año: "$NANO" Mes: "$MES  
echo -----  
r.mapcalc num1=$PRE-po  
r.mapcalc num2=$PRE+$HMAX-hi1+$ETP-2.*po  
r.mapcalc ti="if(num1>0.,num1*num1/num2,0.)"
```

- Base teórica del modelo de Témez
- Implementación del modelo en GRASS GIS

■ *Fase Superficial*

■ **HUMEDAD EN EL SUELO Y EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL**

$$H_i = \text{máx}[0, (H_{i-1} + P_i - T_i - EP_i)] \quad (5)$$

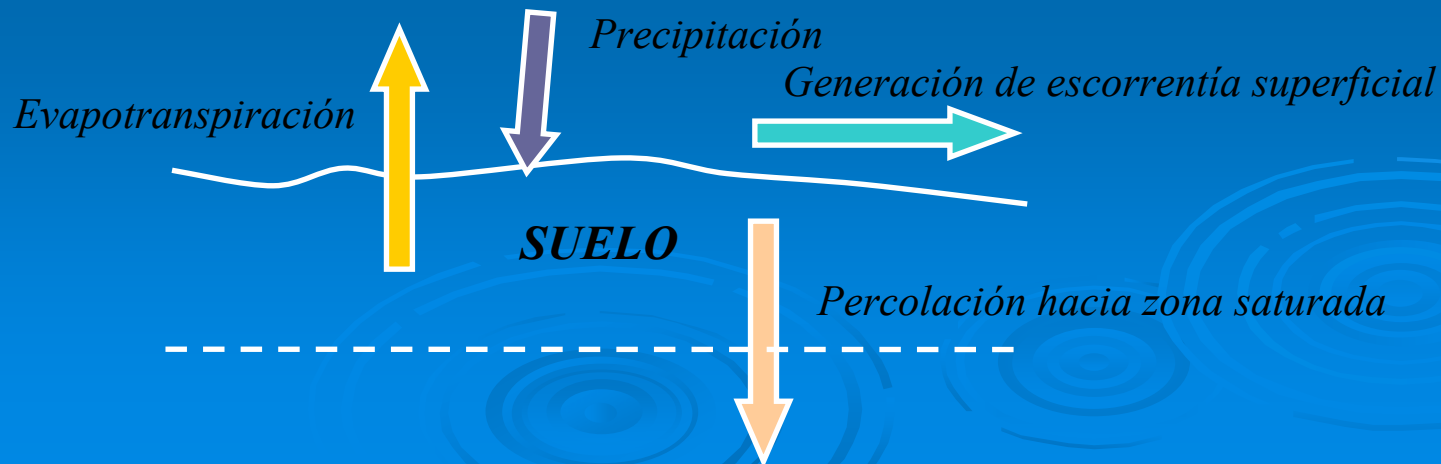
$$E_i = \text{mín}[(H_{i-1} + P_i - T_i), EP_i] \quad (6)$$

siendo en cada celda:

H_i	almacenamiento de agua en el suelo
E_i	evapotranspiración real
P_i	precipitación en el mes i (mm)
T_i	excedente de agua en el mes i (mm)
H_{i-1}	almacenamiento de agua en el suelo en el mes i-1 (mm)
EP_i	evapotranspiración potencial en el mes i (mm)

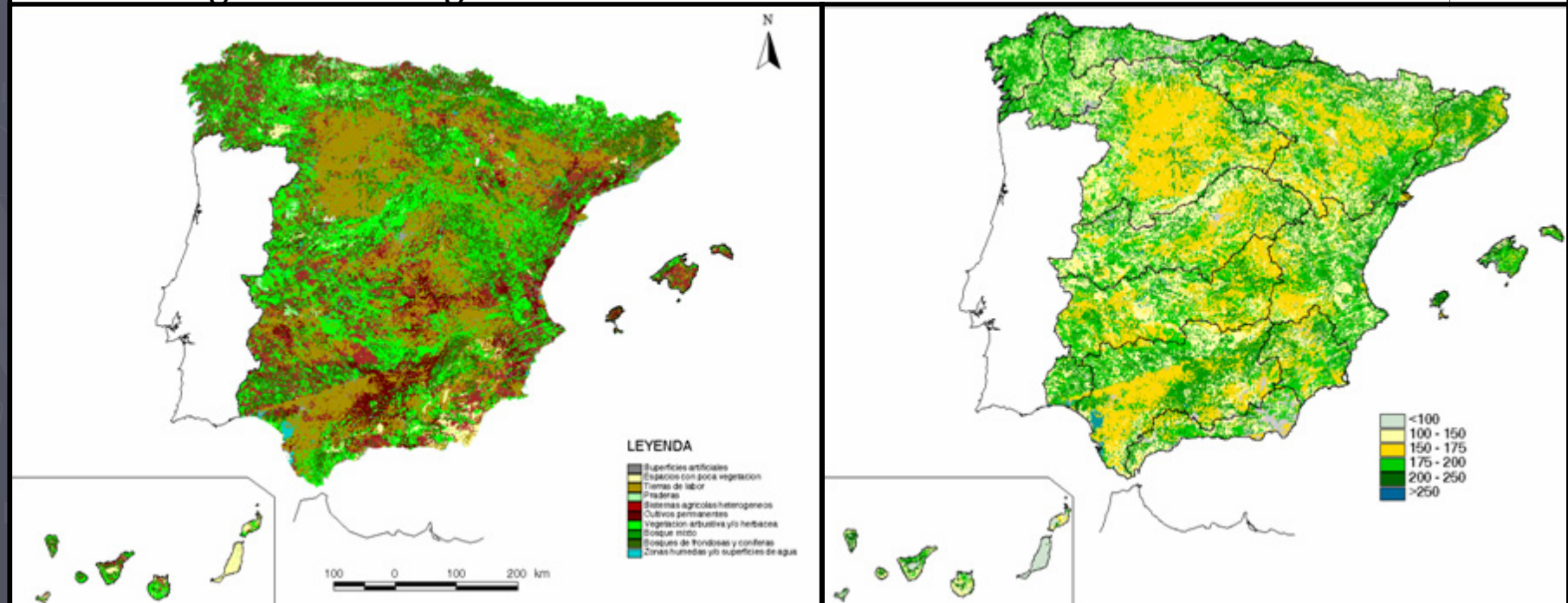
Capacidad de humedad máxima en el suelo. $H_{m\acute{a}x}$

- Máxima humedad evapotranspirable en zona no saturada
 - f (textura, pendiente y uso de suelo)
 - Se podría definir como la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez
 - Calibración entre valores normales de 50 a 400 mm

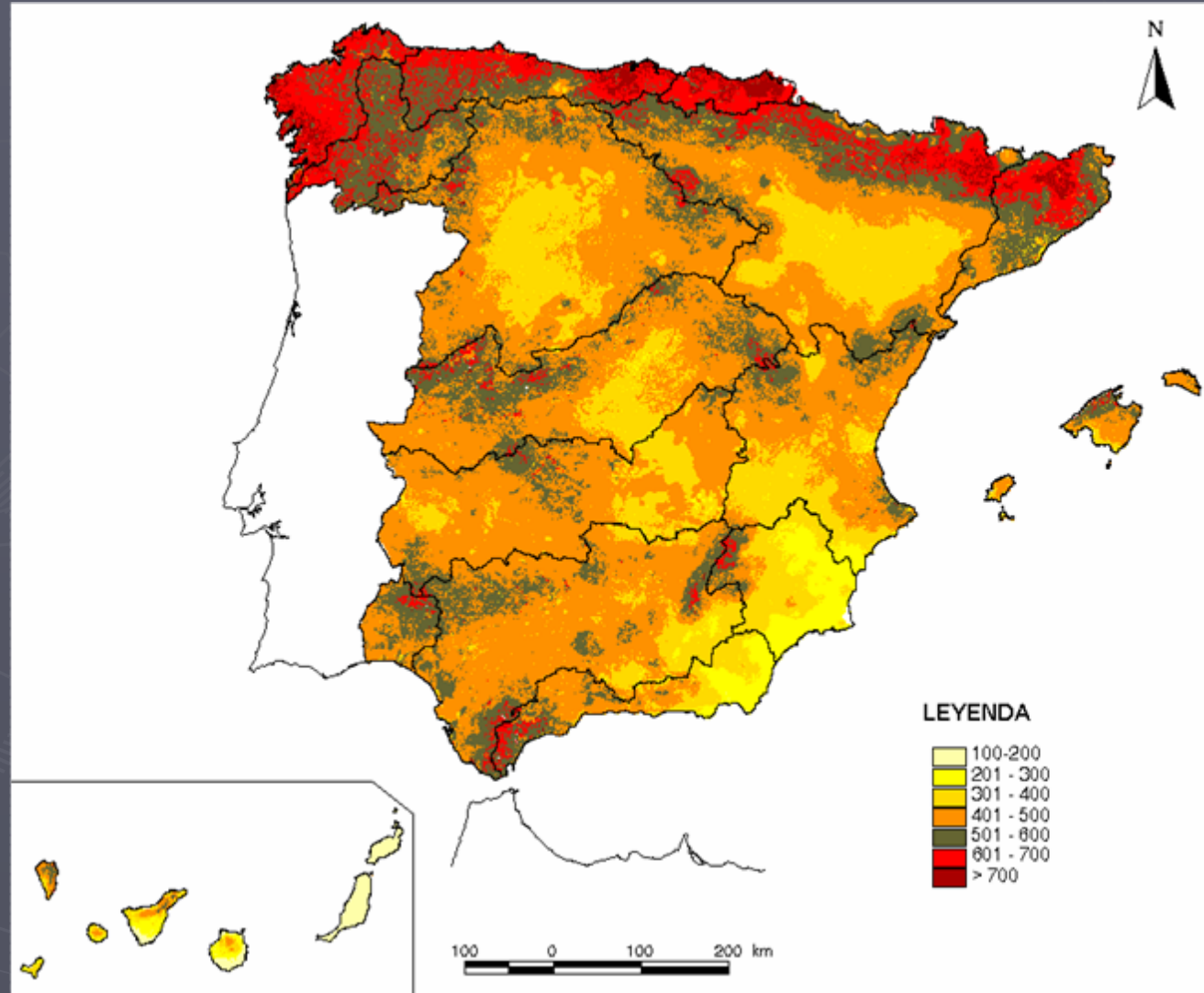


Regionalización $H_{m\acute{a}x}$ y usos del suelo

Superficies artificiales	40	Sistemas agrícolas heterogéneos	195
Espacios con poca vegetación	100	Cultivos permanentes	210
Tierras de labor en secano	155	Vegetación arbustiva	135
Tierras de labor en regadío	215	Bosque mixto	220
Praderas y pastizales naturales	150	Bosques de frondosas y coníferas	230
Sistemas agrícolas heterogéneos	195	Zonas húmedas, superficies de agua y artificiales	300



Evapotranspiración real media (mm/año)



CÁLCULOS DE VARIABLES EN PERIODO DE SIMULACIÓN

ALMACENAMIENTO EN EL SUELO H_i y EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL E_i

Cálculo de la humedad en el suelo en el instante i : H_i en mm/mes (ver ecuación 5)

```
HI="hi"$NANO_"$MES
```

```
echo -----
```

```
echo "Humedad en el suelo (mm) Año: "$NANO" Mes: "$MES
```

```
echo -----
```

```
r.mapcalc hifin="max(0.,hi1+$PRE-ti-$ETP)"
```

```
g.copy rast=hifin,$HI -o
```

Dibuja el cociente respecto al máximo

```
r.mapcalc hi_hmax=$HI/$HMAX*100
```

Cálculo de la evapotranspiración real: ETR o E_i en mm/mes (ver ecuación 6)

```
ETR="etr"$NANO_"$MES
```

```
echo -----
```

```
echo "Evapotranspiración real (mm) Año: "$NANO" Mes: "$MES
```

```
echo -----
```

```
r.mapcalc etr="min(hi1+$PRE-ti,$ETP)"
```

```
g.rename rast=etr,$ETR --o
```

```
r.average base=$MAPC cover=$ETR output=etr.cu --o
```

```
r.stats -An input=etr.cu output=etr.tmp
```

```
more etr.tmp >> etr.txt
```

- Base teórica del modelo de Témez
- Implementación del modelo en GRASS GIS

- **Fase Subterránea**

- **INFILTRACIÓN AL ACUÍFERO**

$$I_i = I_{máx} \cdot \frac{T_i}{T_i + I_{máx}} \quad (7)$$

- Formulación dependiente del excedente mensual y de características hidráulicas

siendo en cada celda:

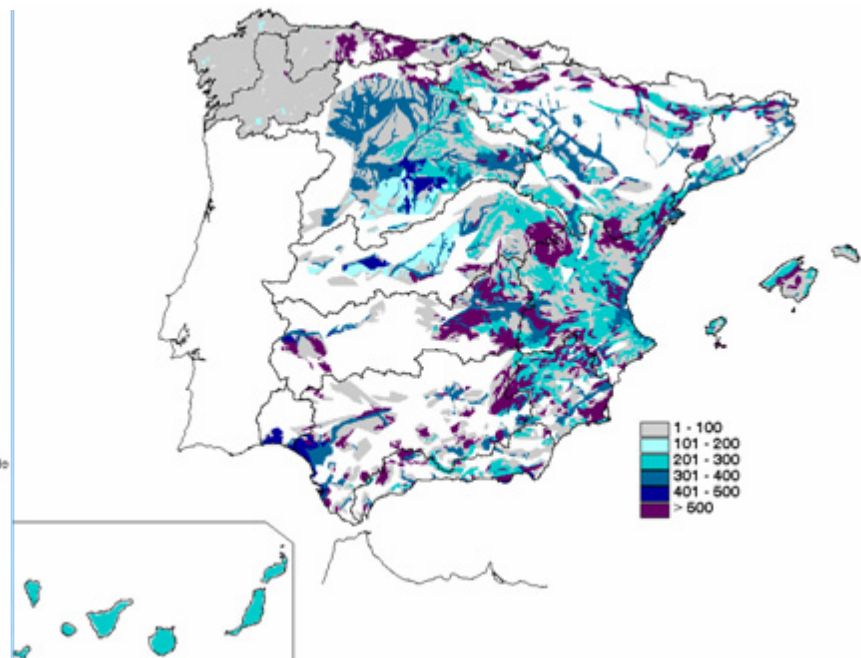
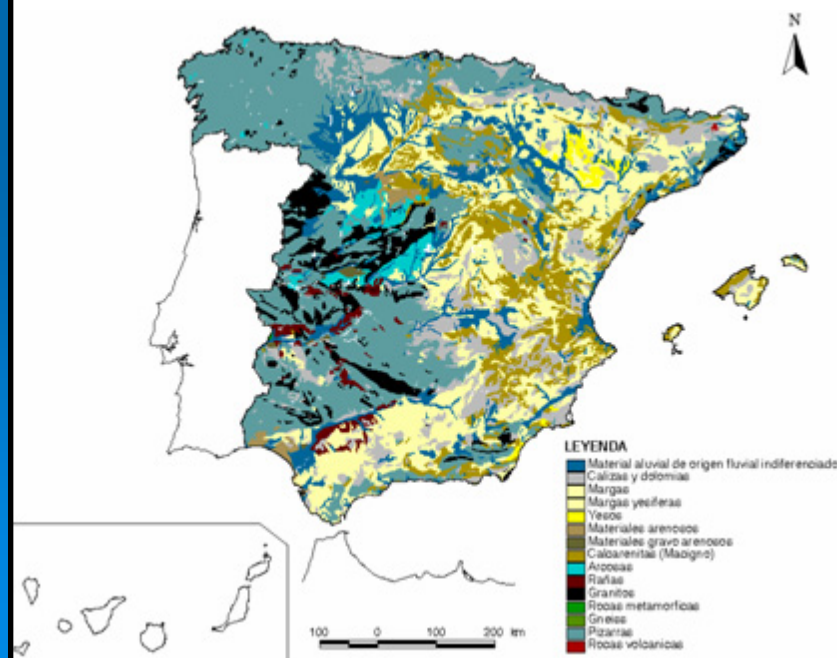
I_i	infiltración al acuífero por lluvia directa (mm)
$I_{máx}$	infiltración máxima (mm)
T_i	excedente de agua (mm)

Caracterización hidrogeológica

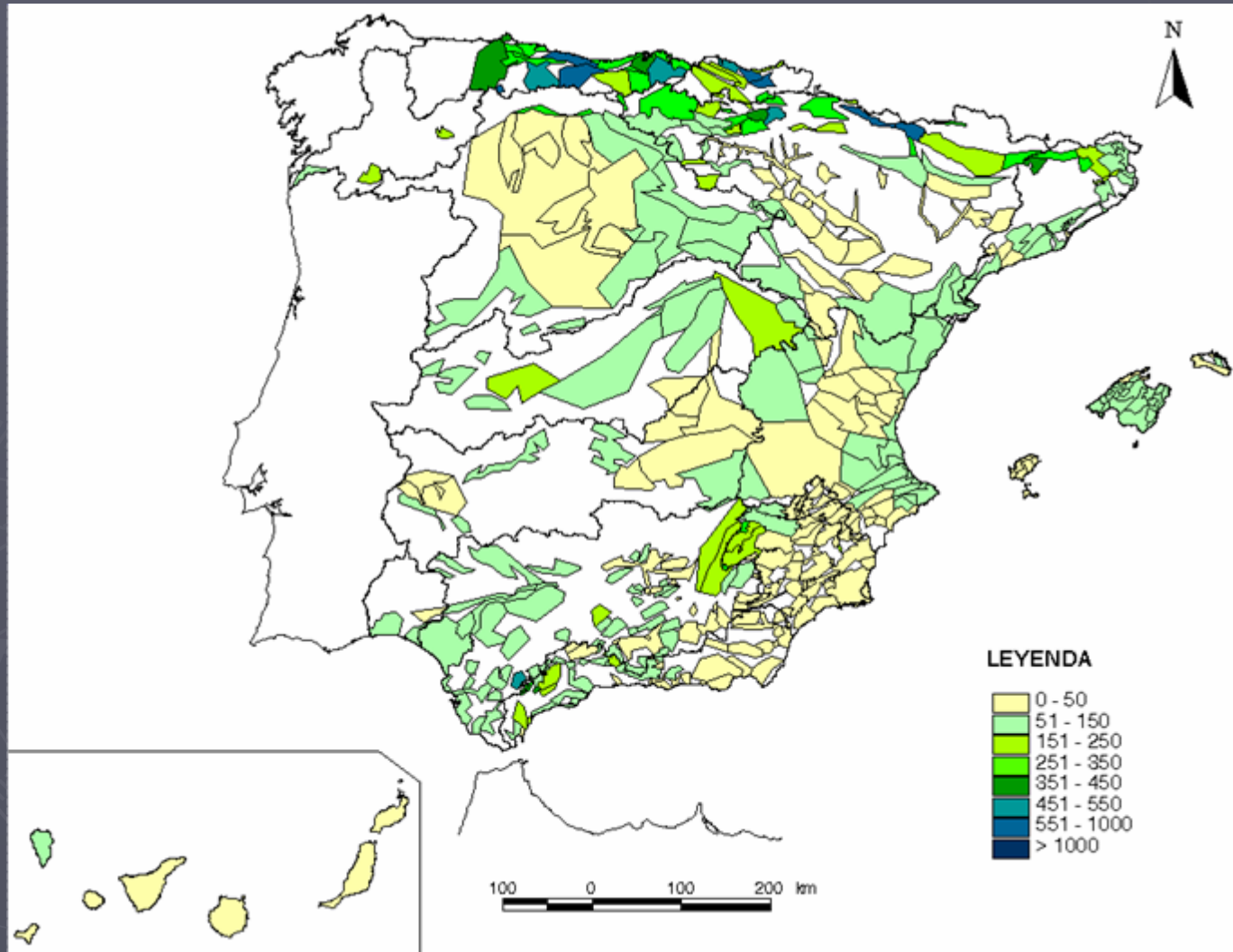
- Dato del modelo: localización de zonas de infiltración/recarga.
 - Delimitación unidades hidrogeológicas
 - Caracterización hidrodinámica y curva de recesión en hidrogramas registrados en las estaciones de aforo (α)
- Resultado del modelo
 - Determinación de la recarga en acuíferos.
 - Función de las características hidráulicas del medio y de la carga total de agua
 - Descarga al sistema superficial
 - Modelo unicelular para simular la conexión del acuífero con el sistema superficial
 - Escorrentía subterránea distribuida en el acuífero

Regionalización. Capacidad máxima de infiltración y litologías

Material aluvial de origen indiferenciado	400	Calcarenitas (Macigno)	250
Calizas y dolomías	1000	Arcosas	150
Margas	85	Rañas	95
Margas yesíferas	75	Granitos	65
Yesos	64	Rocas metamórficas	20
Materiales arenosos	450	Gneiss	55
Materiales gravo-arenosos	500	Pizarras	40



Infiltración media en cada Unidad Hidrogeológica (mm/año)



CÁLCULOS DE VARIABLES EN PERIODO DE SIMULACIÓN

INFILTRACIÓN AL ACUÍFERO POR LLUVIA DIRECTA I_i

Cálculo de la infiltración distribuida (*ver ecuación 7*)

```
REC="rec"$NANO"_"$MES
echo -----
echo "Recarga (mm) Año: "$NANO" Mes: "$MES
echo -----
r.mapcalc rec="if(isnull($IMAX),0.,$IMAX*ti/(ti+$IMAX))"
g.copy rast=rec,$REC --o

r.average base=$MAPUH cover=rec output=rec.uh --o
r.stats -An input=rec.uh output=rec.tmp
more rec.tmp >> rec.txt
```

- Base teórica del modelo de Témez
- Implementación del modelo en GRASS GIS

■ Fase Subterránea

- **VOLUMEN ALMACENADO EN ACUÍFERO Y DESCARGA**
- **APORTACIÓN SUBTERRÁNEA**

$$V_i = V_{i-1} \cdot e^{-\alpha \cdot \Delta t} + \frac{R_i}{\alpha} (1 - e^{-\alpha \cdot \Delta t}) \quad (8)$$

t
 R_i
 V_i

coeficiente de agotamiento del acuífero (meses-1)

intervalo temporal (mes)

recarga al acuífero en el mes i (mm/mes)

volumen almacenado en el acuífero en el mes i (mm)

$$A_{sub_i} = V_{i-1} - V_i + R_i \quad (9)$$

A_{sub_i}

aportación subterránea correspondiente al mes i (mm/mes)

■ **APORTACIÓN TOTAL**

$$A_{Tot_i} = (T_i - I_i) + A_{sub_i} = A_{sup_i} + A_{sub_i} \quad (10)$$

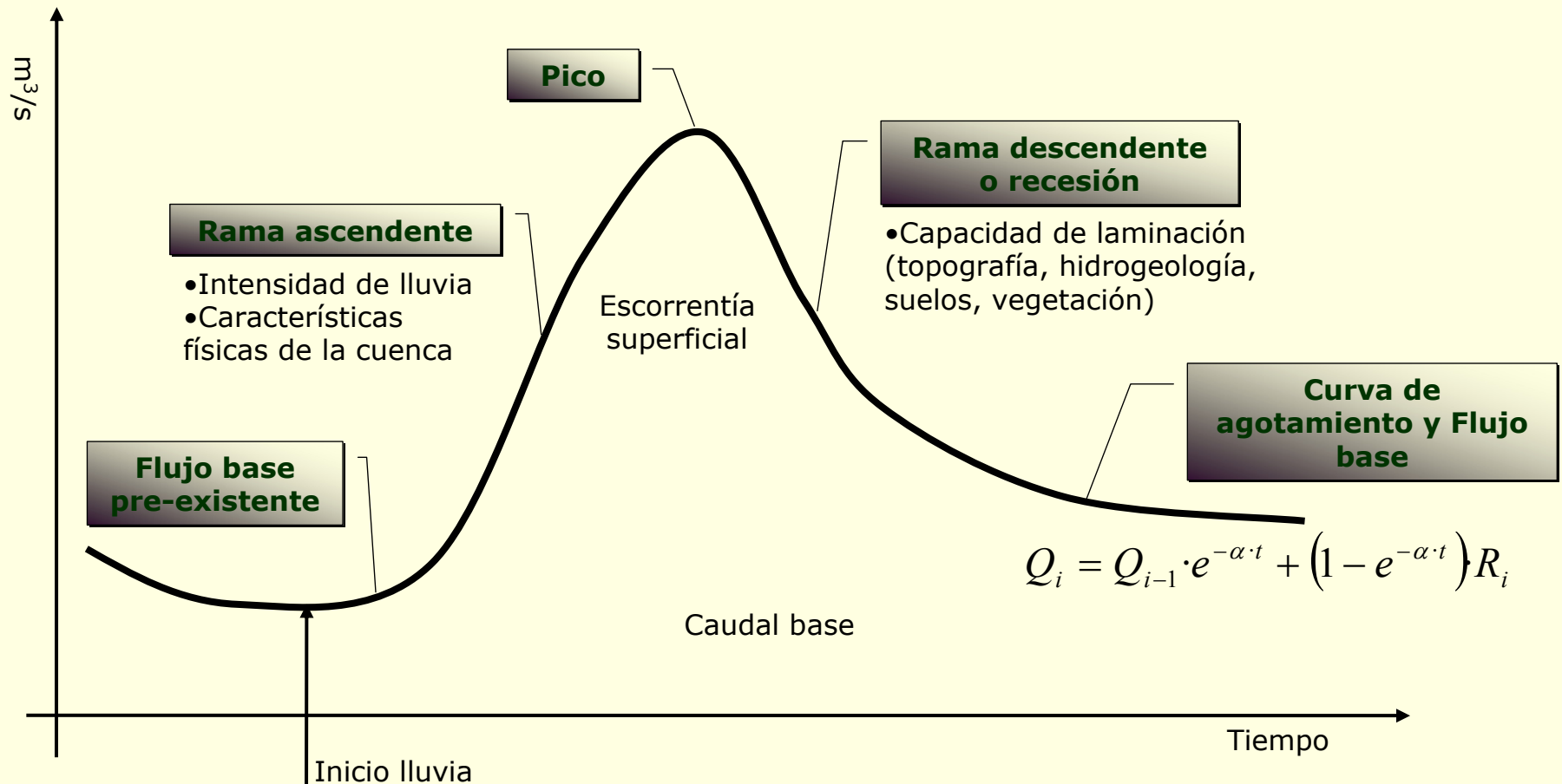
A_{sup_i}
 A_{Tot_i}

aportación superficial del mes i (mm/mes)

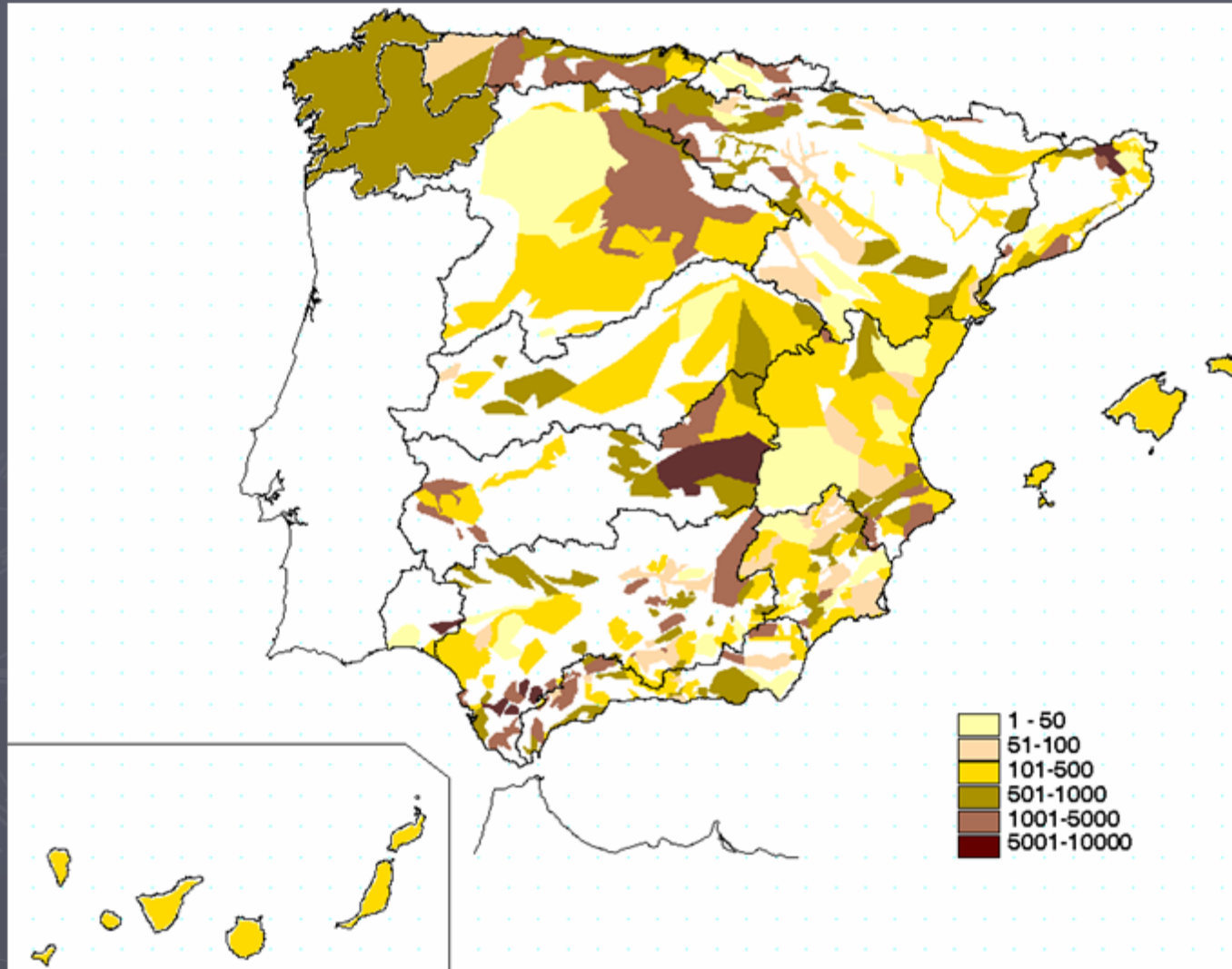
aportación total durante el mes i (mm/mes)

(Témez, 1977; Cabezas et al, 1999)

Partes de un hidrograma



Coeficientes de recesión estimados



CÁLCULOS DE VARIABLES EN PERIODO DE SIMULACIÓN

ESCORRENTÍAS SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA Y APORTACIÓN TOTAL

Escorrentía superficial (mm/mes) por cuenca (ver ecuación 10)

```
ASP="asp"$NANO_"$MES
echo -----
echo "Escorrentía directa (mm) Año: "$NANO"
Mes: "$MES
echo -----
r.mapcalc aspl=ti-rec$NANO_"$MES
g.copy rast=aspl,$ASP -o
```

volt.uh : volumen almacenado en acuífero al final del mes de cálculo (mm) en cada unidad hidrogeológica (ver ecuación 8)

```
VI="vi"$NANO_"$MES
r.mapcalc
volt.uh=if*(isnull($MAPUH),0.,vi1*ealfa.uh+rec.uh*(1.-
ealfa.uh)/(alfa.uh*30.))"
g.copy rast=volt.uh,$VI --o
```

Escorrentía subterránea (mm/mes) por unidad hidrogeológica y cuenca (ver ecuación 9)

```
ASB="asb"$NANO_"$MES
echo -----
echo "Escorrentía subterránea (mm) Año: "$NANO"
Mes: "$MES
echo -----
r.mapcalc asbr=vi1-volt.uh+rec.uh
g.copy rast=asbr,$ASB --o

r.average base=$MAPC cover=$ASB
output=asb.cu --o
r.stats -An input=asb.cu output=asb.tmp
more asb.tmp >> asb.txt
```

CÁLCULOS DE VARIABLES EN PERIODO DE SIMULACIÓN

ESCORRENTÍAS SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA Y APORTACIÓN TOTAL

aptotal : aportación (mm/mes) por unidad hidrogeológica (ver ecuación 10)

```
AES="aes"$NANO_"$MES
echo -----
echo "Escorrentía total (mm) Año:
"$NANO" Mes: "$MES
echo -----
r.mapcalc aest=aspl+asbr
g.copy rast=aest,$AES --o
r.average base=$MAPC cover=$AES
output=aes.cu --o
r.stats -An input=aes.cu output=aes.tmp
more aes.tmp >> aes.txt
CON=`expr $CON + 1`
MES=`expr $MES + 1`
if [ $MES -eq 13 ]; then
    MES=1
fi
done
ANO=`expr $ANO + 1`
Done
```

volt.uh : volumen almacenado en acuífero al final del mes de cálculo (mm) en cada unidad hidrogeológica (ver ecuación 8)

```
VI="vi"$NANO_"$MES
r.mapcalc
volt.uh=if"(isnull($MAPUH),0.,vi1*ealfa.uh+rec.uh*(1.-
ealfa.uh)/(alfa.uh*30.))"
g.copy rast=volt.uh,$VI --o
```

Escorrentía subterránea (mm/mes) por unidad hidrogeológica y cuenca (ver ecuación 9)

```
ASB="asb"$NANO_"$MES
echo -----
echo "Escorrentía subterránea (mm) Año:
"$NANO" Mes: "$MES
echo -----
r.mapcalc asbr=vi1-volt.uh+rec.uh
g.copy rast=asbr,$ASB --o

r.average base=$MAPC cover=$ASB
output=asb.cu --o
r.stats -An input=asb.cu output=asb.tmp
more asb.tmp >> asb.txt
```

CÁLCULOS DE VARIABLES EN PERIODO DE SIMULACIÓN

ESCORRENTÍAS SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA Y APORTACIÓN TOTAL

```
# aptotal : aportación (mm/mes) por unidad
hidrogeológica (ver ecuación 10)
    AES="aes"$NANO_"$MES
    echo -----
    echo "Escorrentía total (mm) Año: "$NANO"
    Mes: "$MES
    echo -----
    r.mapcalc aest=aspl+asbr
    g.copy rast=aest,$AES --o
    r.average base=$MAPC cover=$AES
    output=aes.cu --o
    r.stats -An input=aes.cu output=aes.tmp
    more aes.tmp >> aes.txt
    CON=`expr $CON + 1`
    MES=`expr $MES + 1`
    if [ $MES -eq 13 ]; then
        MES=1
    fi
done
ANO=`expr $ANO + 1`
Done
```

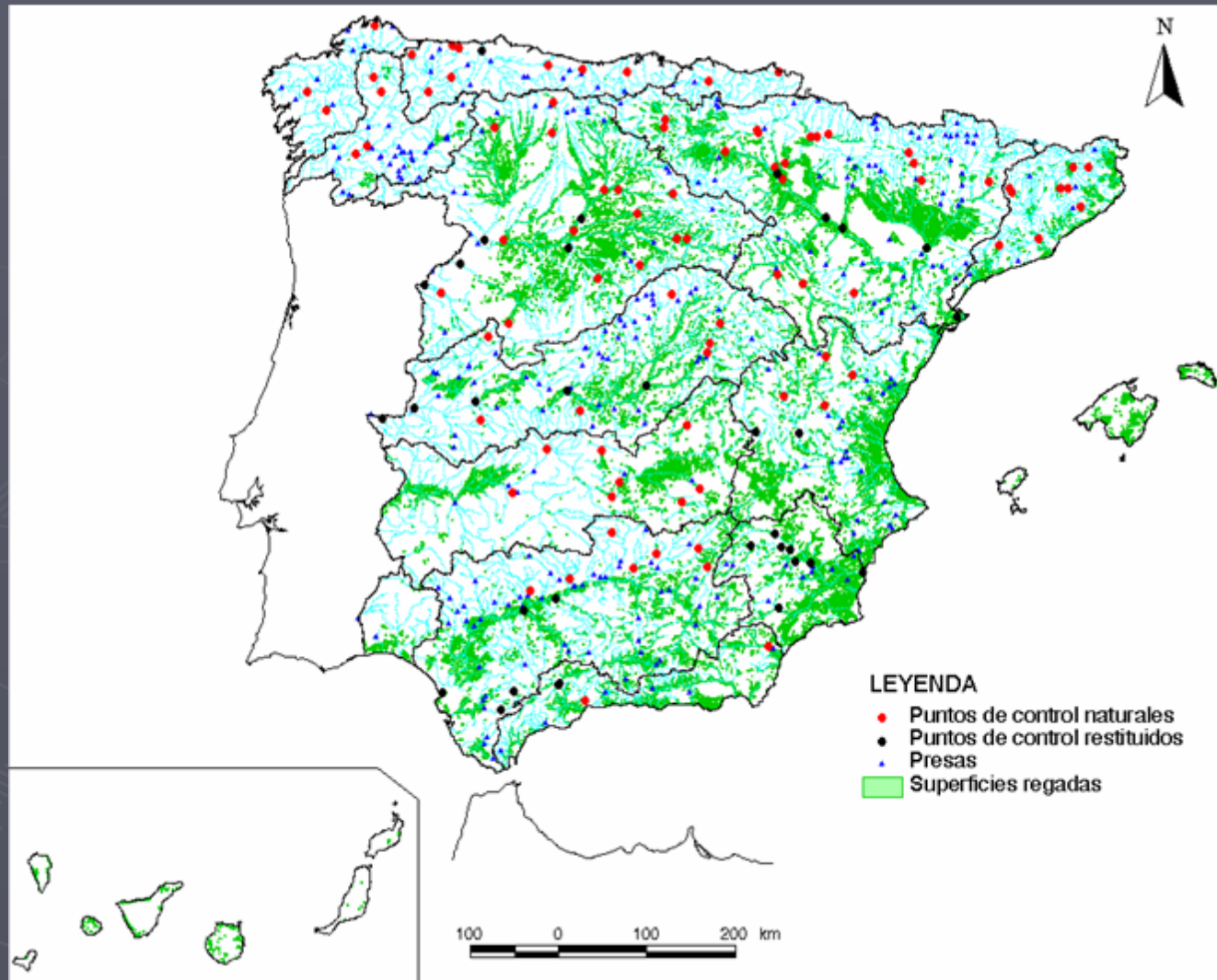
serie temporal con valores medios en cuenca

```
FILEOUT="ResTemez"$ANOI_"$ANOF".txt"
echo "Resultados simulación mensual. Años:
"$ANOI_"$ANOF > $FILEOUT
echo "Área de cuenca (m2): " >> $FILEOUT
r.stats -an input=$MAPC >> $FILEOUT
echo "Precipitación ETP ETR Recarga
EscorrentíaBase EscorrentíaTotal" >> $FILEOUT
paste pre.txt etp.txt etr.txt rec.txt asb.txt aes.txt >>
$FILEOUT
```

borrado de ficheros temporales

```
rm pre.txt etp.txt etr.txt rec.txt asb.txt aes.txt
rm aes.tmp asb.tmp pre.tmp etr.tmp etp.tmp rec.tmp
g.remove
rast=hi1,num1,num2,aest,asbr,aspl,vi1,volt.uh,hifin,r
ec,rec.uh,alfa.uh,ealfa.uh,po,ti,aes.cu,
pre.cu,etr.cu,etp.cu,asb.cu
echo "Terminado el cálculo de las aportaciones
específicas en $SECONDS segundos"
```

Puntos de control. Calibración



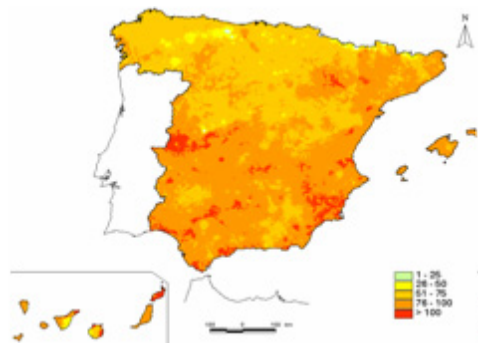
RESULTADOS Y CONCLUSIONES



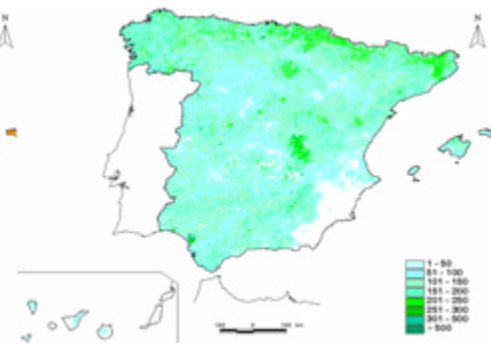
Variables hidrológicas simuladas abril-1969



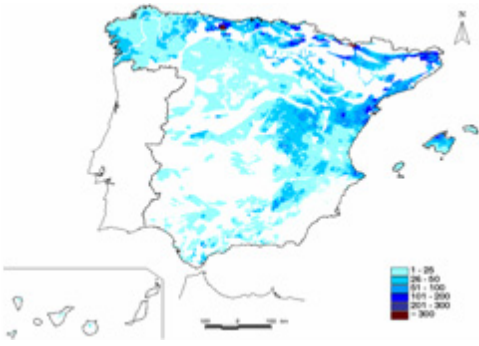
Precipitación. Abril 1969



Evapotransp. potencial. Abril 1969



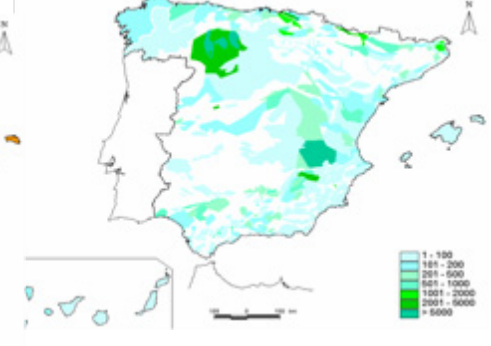
Humedad suelo. Abril 1969



Recarga acuífero. Abril 1969



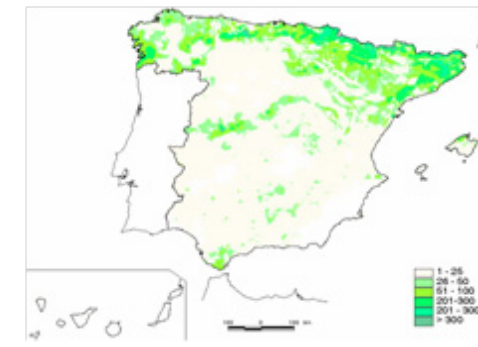
Evapotranspiración. Abril 1969



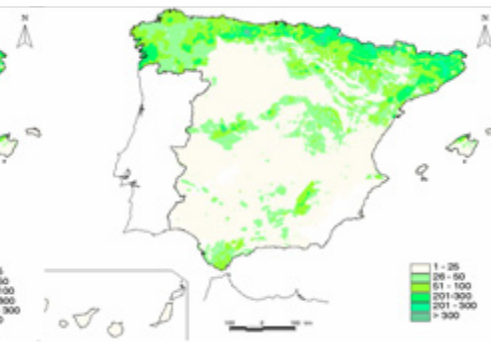
Volumen acuífero. Abril 1969



Escorrentía subterránea. Abril 1969

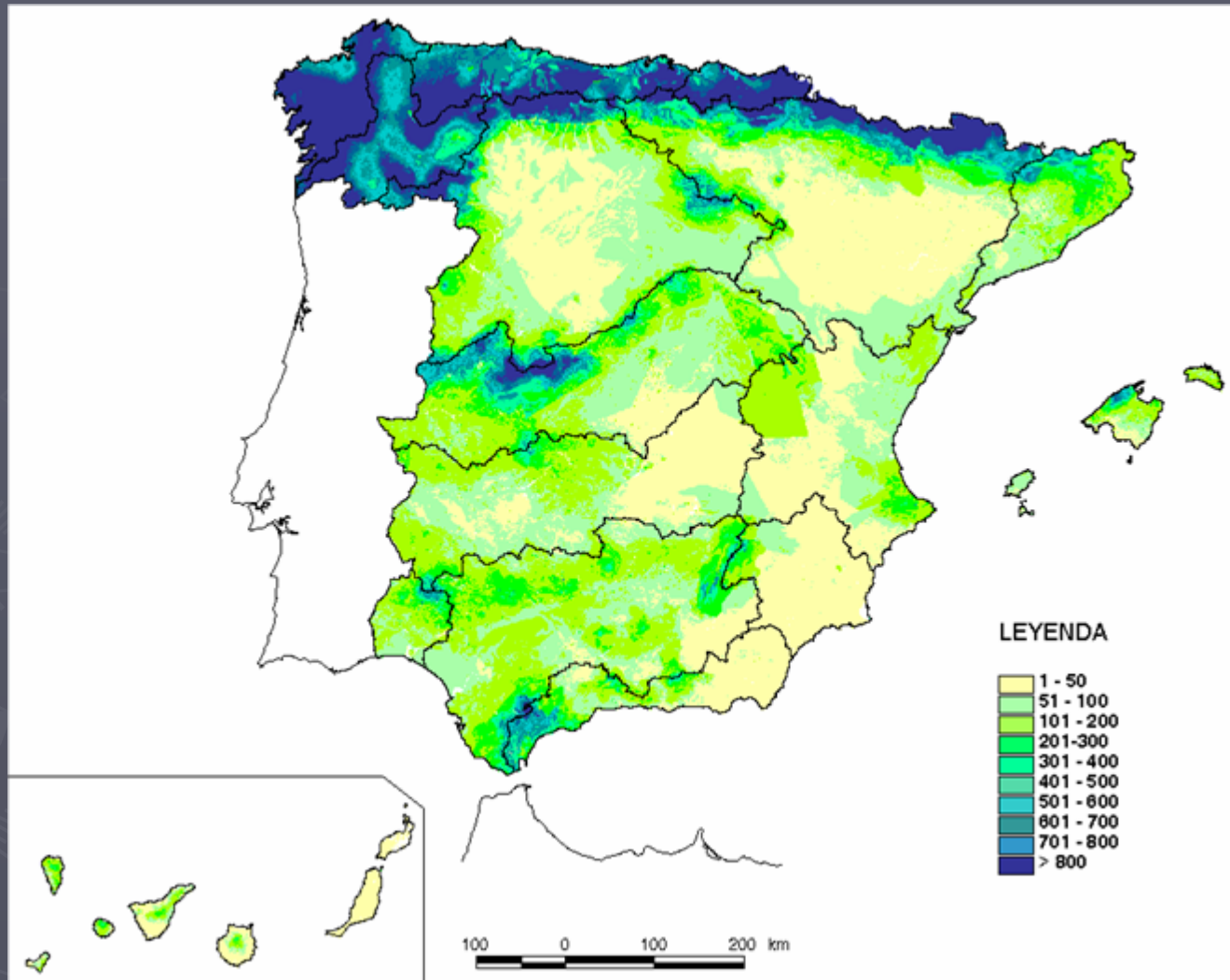


Escorrentía superficial. Abril 1969

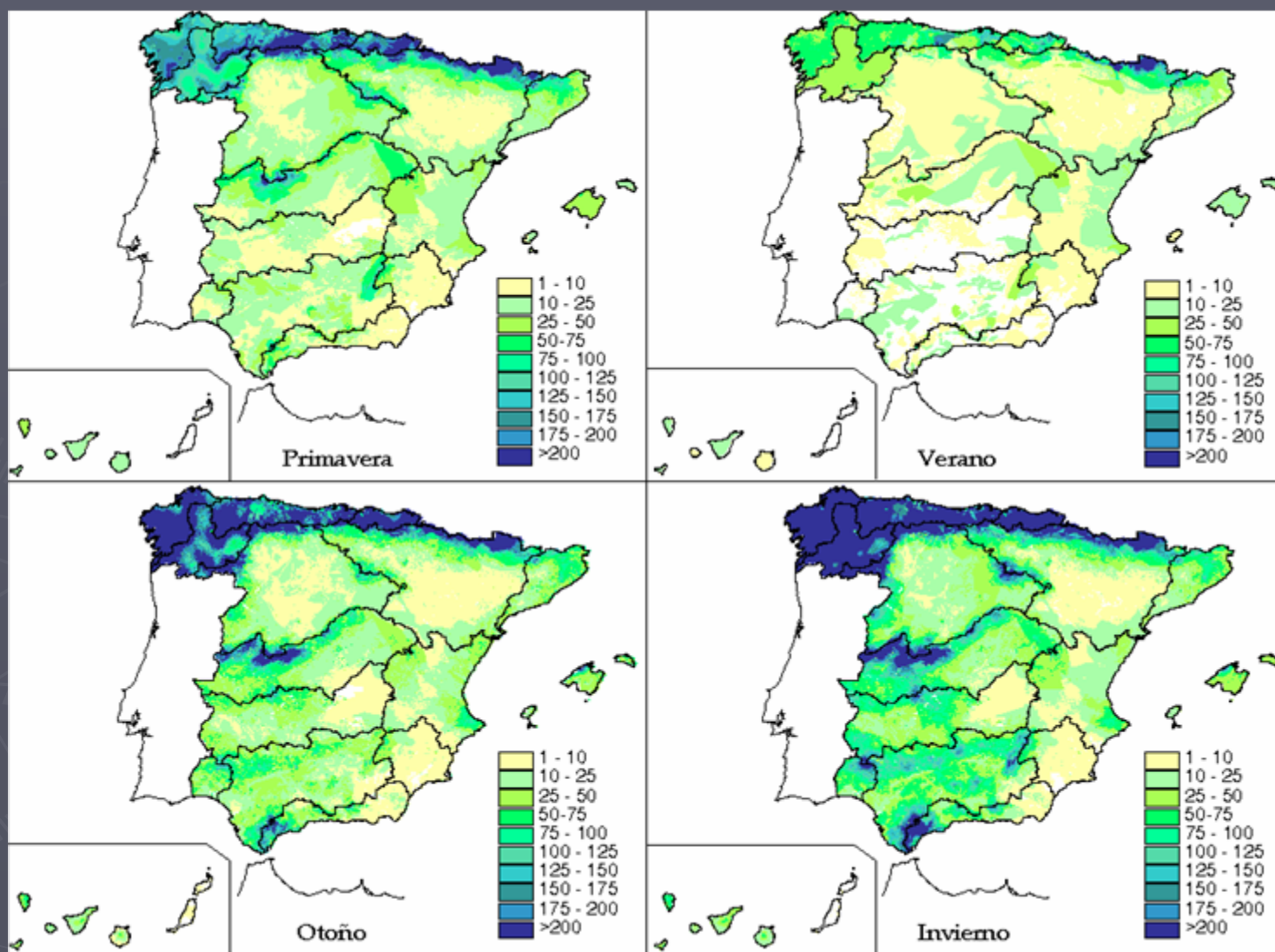


Escorrentía total. Abril 1969

Escorrentía total media anual (mm/año)



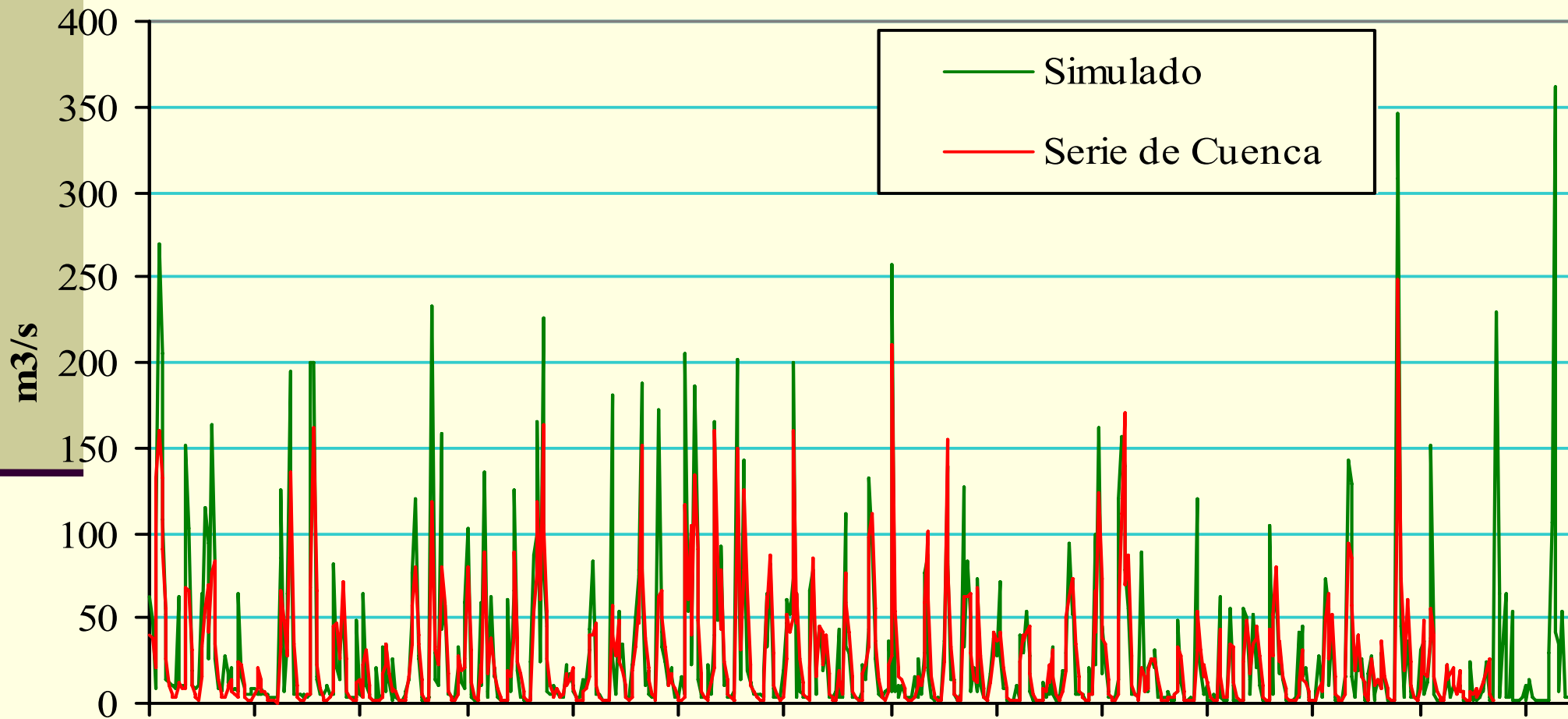
Distribución estacional de la escorrentía (mm)



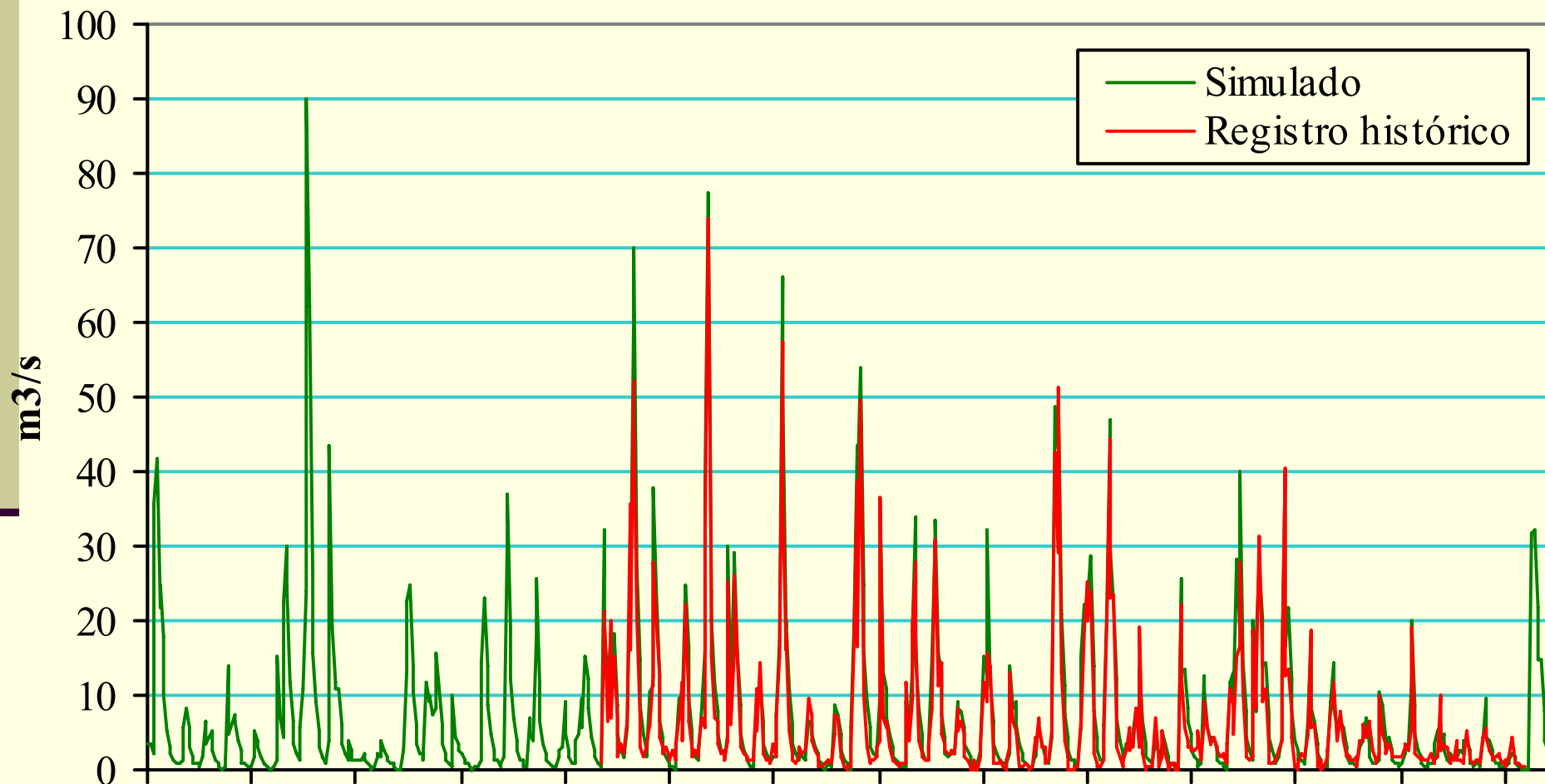
Precipitación, ETP y escorrentía (RN) media anual

Ámbito	Superf. (km ²)	Precip. (mm)	Precip. (mm) (1)	ETP (mm)	ET (mm)	Esc.tot. (mm)	Esc./Md (%)	C.Esc. (%)	Ap.tot. (hm ³ /año) (1)	Ap.tot. (hm ³ /año)
Norte I	17.600	1.284	1.316	709	563	721	328	56	13.147	12.689
Norte II	17.330	1.405	1.440	653	604	801	364	57	14.405	13.881
Norte III	5.720	1.606	1.650	695	673	933	424	58	5.614	5.337
Duero	78.960	625	631	759	452	173	79	28	14.175	13.660
Tajo	55.810	655	666	898	460	195	89	30	11.371	10.883
Guadiana I	53.180	521	531	977	438	83	38	16	4.624	4.414
Guadiana II	7.030	662	661	1.075	511	151	69	23	1.053	1.061
Guadalquivir	63.240	591	602	991	455	136	62	23	9.090	8.601
Sur	17.950	530	531	969	399	131	60	25	2.359	2.351
Segura	19.120	383	379	963	341	42	19	11	811	803
Júcar	42.900	504	500	881	424	80	36	16	3.335	3.432
Ebro (2)	85.560	682	692	792	472	210	95	31	18.647	17.967
C. I.Cataluña	16.490	734	727	792	565	169	77	23	2.728	2.787
Galicia Costa	13.130	1.577	1.590	737	644	933	424	59	12.245	12.250
Península	494.020	691	700	859	468	223	101	32	113.604	110.116
Baleares	5.010	595	603	896	463	132	60	22	696	661
Canarias	7.440	302	297	1.057	247	55	25	18	394	409
España	506.470	684	693	862	464	220	100	32	114.694	111.186

Alberche 1940-1995



Guadalquivir en Tranco de Beas 1940-1995



GRACIAS POR SU ATENCIÓN

